

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



510.654

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
16. Dezember 2004 (16.12.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/109080 A1

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F02D 41/14

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/050583

(22) Internationales Anmeldedatum:  
22. April 2004 (22.04.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
103 25 338.6 4. Juni 2003 (04.06.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];  
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): RÖSEL, Gerd  
[DE/DE]; An der oberen Au 21, 93055 Regensburg (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-  
SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München  
(DE).

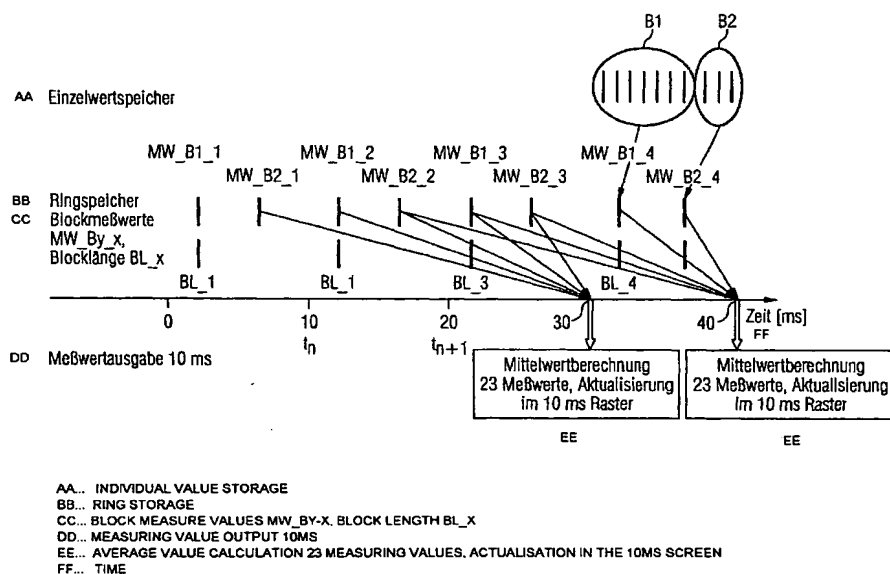
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,  
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,  
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,  
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,  
ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,  
TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR DAMPING PRESSURE FLUCTUATIONS IN THE MEASURING SIGNAL OF A LAMBDA PROBE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR DÄMPFUNG VON DRUCKSCHWINGUNGEN IM MESSSIGNAL EINER LAMBDA-  
SONDE



(57) Abstract: Summation by means of NI individual values occurs in blocks and begins prior to signal actualisation in order to determine the continuously probed individual values of the measuring signal by totalling the summation time corresponding to the rotationally dependent periods (TP1, TP2) of pressure pulsations of waste gas and by protecting the stored resources, such that in order to calculate an average value, the individual value for the actualisation time point ( $t_n$ ) is already embodied in a continuously blocked manner and intermediately stored block values are taken into account in place of the respective individual values.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

BEST AVAILABLE COPY



EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT,  
RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,  
GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

---

**(57) Zusammenfassung:** Um die fortlaufend abgetasteten Einzelwerte des Messsignals durch Aufsummation über eine der drehzahlabhängigen Periode (TP1, TP2) von Druckpulsationen des Abgases entsprechende Summationszeit und unter Schonung der Speicherressourcen zu mitteln, wird vorgeschlagen, dass die Summation über die NI Einzelwerte blockweise erfolgt und bereits vor der Signalaktualisierung beginnt, so dass zur Berechnung eines Mittelwertes die zum Aktualisierungszeitpunkt ( $t_n$ ) bereits fortlaufend blockweise gebildeten und anstelle der jeweiligen Einzelwerte zwischengespeicherten Blockwerte herangezogen werden.

## Beschreibung

### Verfahren zur Dämpfung von Druckschwingungen im Messsignal einer Lambdasonde

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Gewinnen eines bereinigten Ausgangssignales aus dem eine periodische Druckabhängigkeit aufweisenden Messsignal einer im Abgas einer Brennkraftmaschine angeordneten Lambdasonde, bei dem das Messsignal in einem Zeitraster abgetastet und durch Aufsummation über eine vorgegebene Summationszeit gemittelt wird, wobei die Summationszeit der drehzahlabhängigen Periodendauer von Druckpulsationen des Abgases entspricht.

Ein derartiges Verfahren ist bereits aus der DE 37 43 315 A1 bekannt.

Zur kontinuierlichen Bestimmung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses mit hoher Ansprechgeschwindigkeit sowohl im "mageren" - Lambda größer als eins -, als auch im "fetten" Gemischbereich - Lambda kleiner als eins -, werden im Abgasstrang montierte Sauerstoffsensoren verwendet. Diese sogenannten stetigen oder linearen Lambdasonden arbeiten nach dem Zwei-Zellen-Grenzstromsonden-Prinzip und können als Vorkat-Sonden zur Regelung der Einspritzung (Lambdaregelung), besonders aber zur Steuerung von Magermotoren, beispielsweise von Ottomotoren mit Kraftstoff-Direkteinspritzung, eingesetzt werden.

Das Messsignal einer Lambdasonde hängt von einer Mehrzahl von Größen ab, insbesondere von der festzustellenden Sauerstoffkonzentration im Abgas, aber auch von der Keramiktemperatur und dem Abgasgegendruck, wobei das Maß der Druckabhängigkeit des Messsignals durch das Sondendesign definiert ist. Bei dieser Druckabhängigkeit muss zwischen einer statischen und einer dynamischen Druckabhängigkeit unterschieden werden. Die typischen Schwankungen der dynamischen Druckabhängigkeit des

Messsignals liegen bei stetigen Lambdasonden im signifikanten Bereich und damit eine Größenordnung höher als bei sogenannten binären Lambdasonden. Im Folgenden geht es um das Dämpfen bzw. Eliminieren der periodischen Druckeinflüsse, insbesondere im Zusammenhang mit stetigen Lambdasonden.

Druckpulsationen im Abgassystem haben eine Ursache im plötzlichen Anstieg des positiven Druckverlaufs, ausgelöst durch den beim Öffnen der Auslassventile eines Zylinders erzeugten Druckstoßes. Durch Reflexionen bzw. Überlagerungen der Abgas-schwingung in der Abgasanlage kommt es zu einem wellenförmigen Druckverlauf, bis mit dem nächsten Ausschiebetakt des Zylinders ein erneuter Druckstoß erfolgt. Ein im Viertaktverfahren betriebene Brennkraftmaschine erzeugt also einen dynamischen Abgas-Druckverlauf mit einer kurbelwellenbezogenen, also drehzahlabhängigen, Periodizität von  $720^\circ \text{KW}$ . Da die Frequenz der druckabhängigen Störung im Lambdasignal von der Drehzahl der Brennkraftmaschine abhängt und die zentrale Steuerungseinrichtung der Brennkraftmaschine auch weiterhin zur Messung schneller Vorgänge geeignet sein muss (z. B. zylinderselektive Lambdaregelung), ist die Möglichkeit einer Filterung via Hardware begrenzt. Aufgrund der beschriebenen charakteristischen Periodizität der Vorgänge ist zur Signalfilterung eine Mittelwertbildung über einen bestimmten Kurbelwinkelbereich der Brennkraftmaschine erforderlich, beispielsweise, bei einer Vierzylinder-Viertaktbrennkraftmaschine mit einer einflutigen Abgasanlage,  $720^\circ \text{KW} / 4 = 180^\circ \text{KW}$ .

Das gattungsgemäße Verfahren schlägt demgemäß eine Integrations- bzw. Summationszeit vor, die der drehzahlabhängigen Periodendauer des Druckverlaufs entspricht, im genannten Beispiel also  $180^\circ \text{KW}$ . In der oben genannten De 37 43 315 A1 wird außerdem die Möglichkeit erwähnt, eine gesonderte Einrichtung zur Summation vorzusehen, um den Mikrorechner des Kraftfahrzeugs von der Spezialaufgabe der Signalfilterung zu entlasten. Tatsächlich besteht folgende Problematik:

Das bekannte Verfahren zur Mittelwertbildung setzt offenbar voraus, dass für die einzelnen Messwerte des Lambdasondensignals, die z. B. im 1ms Zeitraster abgetastet und in einem Ringspeicher zwischengespeichert werden, ein relativ großer Speicherbereich reserviert wird. Zur Weiterverarbeitung des Lambdasondensignals würde dann zu jedem Zeitpunkt, zu dem ein gefiltertes Ausgangssignal benötigt wird, (z. B. alle 10 ms) eine Mittelwertbildung angestoßen, indem eine Anzahl N1 von zwischengespeicherten Einzelwerten summiert und durch N1 dividiert würde. Die Anzahl N1 entspräche, beim gegebenen Abtast-Zeitraster, genau der Periodendauer des Druckverlaufs. Für eine Vierzylinderbrennkraftmaschine müssten bei dieser Vorgehensweise im Ringspeicher, bei z.B. 600 Umdrehungen, immerhin 50 Einzelwerte simultan gespeichert werden, für ein 6-Zylinder-Zweibanksystem würden dementsprechend bereits insgesamt  $6 \cdot 7 \cdot 2 = 134$  Einzelwerte gespeichert werden müssen. Außerdem müsste die Mittelwertbildung immer, das heißt zu jedem Aktualisierungszeitpunkt, über die gesamte Anzahl der N1 Messwerte der zu betrachtenden Periode ausgeführt werden, so dass vor allem bei geringen Drehzahlen die Summenwertbildung über bestimmte Abschnitte des Ringspeichers mehrfach ausgeführt würde.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein insbesondere hinsichtlich der Speicherplatzressourcen und des Rechenzeitbedarfs verbessertes Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst.

Gemäß der Erfindung wird zur Signalauswertung so vorgegangen, dass die fortlaufend abgetasteten Einzelwerte des Messsignals in einem Speicherbereich eines Speichers einer Steuerungseinrichtung für die Brennkraftmaschine zwischengespeichert werden, und dass zu jedem Zeitpunkt, zu dem ein aktualisiertes Sonden-Ausgangssignal benötigt wird, von der Steuerungsein-

richtung eine Mittelwertbildung eingeleitet wird, in die eine der Summationszeit entsprechende Anzahl N1 von im Zeitraster abgetasteten Einzelwerten einbezogen wird. Erfindungsgemäß werden diese Schritte jedoch in der Weise durchgeführt, dass die Summation über die N1 Einzelwerte blockweise erfolgt und bereits vor dem Aktualisierungszeitpunkt beginnt, so dass zur Berechnung eines Mittelwertes die zum Aktualisierungszeitpunkt bereits fortlaufend blockweise gebildeten und anstelle der jeweiligen Einzelwerte zwischengespeicherten Blockwerte herangezogen werden.

Das erfindungsgemäße Signalaufbereitungsverfahren stellt also vor allem auf einen günstigen Blockalgorithmus gemäß der Formel

$$VLS = \frac{1}{N1} \left[ \sum_{i=1}^{M1} VLS\_1ms + \sum_{i=M1+1}^{2 \cdot M1} VLS\_1ms + \dots + \sum_{i=N \cdot M1+1}^{N1} VLS\_1ms \right]$$

ab, der die Möglichkeit einer vorteilhaften Speicherkonfiguration bzw. Speicherorganisation eröffnet. In der obigen Formel bedeutet VLS den aktuell zu berechnenden Mittelwert des Lambdasondenspannungssignals, VLS\_1ms jeweils einen einzelnen Rohwert des beispielsweise im 1 ms Zeitraster abgetasteten Lambdasignals, N1 die drehzahlabhängige Anzahl der gemäß Periodendauer zur Mittelwertbildung eingesetzten Einzelwerte, N eine ganze Zahl und M1 die Blocklänge, also die Anzahl der in einem Block zusammengefassten Einzelwerte.

Zur Berechnung eines Mittelwertes VLS werden demnach die bereits fortlaufend blockweise gebildeten Summationswerte über M1 Messsignale sowie der verbleibende Rest der N1-(N\*M1) Messwerte herangezogen. Durch diese Maßnahme kann der Speicherbedarf derart reduziert werden, dass nur noch (N+M1) Block- bzw. Einzelwerte zwischengespeichert werden müssen. Ebenso sinkt der Rechenbedarf. Bei der Bestimmung der Anzahl M1 ist die maximal mögliche Drehzahl des Motors sowie die Aktualisierungsrate des gemittelten Messwertes zu berücksichtigen.

gen. Die erfindungsgemäß verbesserten Verhältnisse können am Beispiel einer Messwerterfassung über einen längeren Zeitraum, hier 1s, mit einer Aktualisierung im 10 ms Zeitraster und einer Mittelwertbildung über  $N1=30$  Messwerte verdeutlicht werden ( $M1=10$ ):

bisher :  $100 \cdot 30$  Summationen + 100 Divisionen  
Erfindung :  $100 \cdot 10$  Summat. +  $100 \cdot 3$  Summat. + 100 Divisionen  
Speicherplatzbedarf bisher : 50 Werte (da bei niedrigen  
Drehzahlen  $N1 > 30$  werden kann)  
Speicherplatzbedarf Erfindung : 10 (Einzel)Werte + 4 Werte

Die Erfindung zielt auf eine segmentsynchrone Mittelwertbildung ab, das heißt, grundsätzlich sollte zu jedem Aktualisierungszeitpunkt zwecks Summierung sofort und genau über die  $N1$  zuletzt abgetasteten Einzelwerte "zurückgeblickt" werden können, die das aktuell zu mittelnde Segment der fortlaufend abgetasteten Einzelwerte bilden.

Um dies im Kontext der erfindungsgemäßen blockweisen Summation realisieren zu können, ist es vorteilhaft, in einem ersten Schritt folgende Teilsynchronisation vorzunehmen:

Die blockweise Summation erfolgt über jeweils  $M1$  nacheinander abgetastete und zwischengespeicherte Einzelwerte ( $M1$ -Block) und sie erfolgt in einem Block-Zeitraster, das dem  $M1$ -fachen des Abtast-Zeitrasters (Abtastrate) entspricht, wodurch die Aktualisierungsrate mit dem  $M1$ -Block-Zeitraster synchronisierbar ist. Für den Fall, dass die Segmentlänge ein ganzzahliges Vielfaches der Blocklänge ist, also für  $N1=N \cdot M1$ , kann damit bereits eine segmentsynchrone Mittelwertbildung einfach dadurch realisiert werden, dass die  $N$  zwischengespeicherten Blockwerte zur Berechnung herangezogen werden. Es können jedoch auch die  $N-1$  Blockwerte und alle  $M1$  Einzelwerte des am Aktualisierungszeitpunkt endenden "letzten"  $M1$ -Blocks aufsummiert werden.

Bei einer vom Vielfachen der Blocklänge abweichenden Segmentlänge  $N_1$  müssen zu einer möglichst segmentsynchronen Mittelwertbildung in einem zweiten Schritt weitere Teilschritte unternommen werden, die darauf hinauslaufen, entweder am Ende oder am Anfang der Summationszeit nicht, jedenfalls nicht bei der aktuellen Mittelwertbildung, alle Einzelwerte, sondern nur den benötigten Teil des betreffenden  $M_1$ -Blocks zu berücksichtigen, um trotz der in diesen Fällen gegebenen Inkommensurabilität von Blocklänge  $M_1$  und Segmentlänge  $N_1$  exakt  $N_1$  Einzelwerte in die Mittelung einzubeziehen.

Gemäß einer ersten Ausführungsform ist es in diesen Fällen, in denen die Anzahl  $N_1$  nicht einem Vielfachen  $N$  von  $M_1$  entspricht, vorteilhaft, die über ein höchstes Vielfaches  $N \cdot M_1$  hinausgehenden ersten  $N_1 - N \cdot M_1$  Einzelwerte des zuletzt abgetasteten  $M_1$ -Blocks bei einer aktuellen Mittelwertbildung einzeln einzubeziehen, während die restlichen Einzelwerte dieses  $M_1$ -Blocks dabei unberücksichtigt bleiben und erst in Form eines für diesen gesamten  $M_1$ -Block zu bildenden und zwischenspeichernden Blockwertes in die auf die aktuelle folgende Mittelwertbildung einbezogen werden. Bei dieser Ausführung bleiben demnach eine definierte Anzahl (z.B. 1 bis 9 im Fall eines  $M_1=10$  Blocks) von unmittelbar vor dem Aktualisierungszeitpunkt liegenden, nicht mehr in der aktuellen Summationszeit zu verarbeitenden, Einzelwerten zunächst unberücksichtigt. Bei dieser ersten Ausführungsform ist allerdings hinsichtlich der tatsächlichen Aktualität des Mittelwertes am Aktualisierungszeitpunkt eine "Totzeit" vom, im Beispiel, (1 bis 9)-fachen des Einzelwert-Abtastintervalls (Abtastrate) in Kauf zu nehmen.

Bei einer besonders vorteilhaften alternativen zweiten Ausführungsform bleiben gewisse restliche, aktuell nicht benötigte Einzelwerte, die zeitlich vor dem Beginn der aktuellen Summationszeit in einem frühesten, für die aktuelle Mittelwertbildung heranzuziehenden  $M_1$ -Block positioniert sind, unberücksichtigt. Im einzelnen wird in den hier in Rede stehen



den Fällen, in denen die Anzahl  $N_1$  nicht einem Vielfachen  $N$  von  $M_1$  entspricht, jeder  $M_1$ -Block in zwei Teilblöcke  $B_1$  und  $B_2$  aufgespalten, wobei der Teilblock  $B_2$  die über ein höchstes Vielfaches  $N \cdot M_1$  hinausgehenden letzten  $N_1 - N \cdot M_1$  Einzelwerte des jeweiligen  $M_1$ -Blocks und der Teilblock  $B_1$  die restlichen ersten  $M_1 - (N_1 - N \cdot M_1)$  Einzelwerte des  $M_1$ -Blocks umfasst. Ferner erfolgt im Block-Zeitraster eine blockweise Summation der jeweiligen beiden Teilblöcke  $B_1$  und  $B_2$  zu Teilblockwerten  $MW_{B_1}$  und  $MW_{B_2}$ , die anstelle der jeweiligen Einzelwerte zwischengespeichert werden. Für eine aktuelle Mittelwertbildung werden dann schließlich jeweils die beiden Teilblockwerte der  $N$  zuletzt verarbeiteten  $M_1$ -Blöcke und der Teilblockwert  $MW_{B_2}$  des unmittelbar vor den  $N$  letzten  $M_1$ -Blöcken verarbeiteten  $M_1$ -Blocks herangezogen. Auf diese Weise wird eine Totzeit vermieden und tatsächlich über die unmittelbar vor dem Aktualisierungszeitpunkt liegenden  $N_1$  Einzelwerte gemittelt.

Die Vorteile der erfindungsgemäß möglichen Speicherplatzreduzierung lassen sich insbesondere dadurch realisieren, dass der Speicherbereich im Ringspeichermodus betrieben wird.

Besonders geeignet ist das Verfahren im Zusammenhang mit der Auswertung des Messsignals einer stromaufwärts eines Katalysators der Brennkraftmaschine angeordneten, eine stetige Charakteristik des Messsignals aufweisenden, Lambdasonde.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und den Figuren der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit einer Lambdasonde, deren Signal aufbereitet werden soll,

Figur 2 ein Diagramm der Zeitabhängigkeit des aufzubereitenden Signals bei verschiedenen Drehzahlen der Brennkraftmaschine,

Figur 3 ein Organisationsschema von symbolisch in drei Ebenen dargestellten Speicher- bzw. Rechenschritten zur Verarbeitung von Lambdasignal-Einzelwerten gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

Figur 1 zeigt in Form eines Blockschaltbildes eine Anordnung, bei der das erfindungsgemäße Verfahren angewendet wird. Dabei sind nur diejenigen Komponenten dargestellt, die für das Verständnis der Erfindung notwendig sind. Der Brennkraftmaschine 1 wird über einen Ansaugkanal 2 ein Luft-/Kraftstoffgemisch zugeführt. Im Ansaugkanal 2 kann beispielsweise auch ein hier nicht dargestellter Luftmassenmesser angeordnet sein. Ausgangsseitig ist die Brennkraftmaschine 1 mit einem Abgaskanal 3 verbunden. In Strömungsrichtung des Abgases gesehen ist im Abgaskanal 3 eine erste Lambdasonde 4, ein zur Konvertierung schädlicher Abgasbestandteile dienender Dreiwegekatalysator 5 und eine zweite Lambdasonde 6 vorgesehen. Mit Hilfe der eine stetige Charakteristik aufweisenden ersten Lambdasonde 4 (Regelsonde) wird das Kraftstoff-Luftverhältnis im Abgas vor dem Katalysator 5 bestimmt. Die zweite Lambdasonde 6 (Monitorsonde) dient u. a. zur Überprüfung des Katalysators 5 und weist typischerweise eine binäre Charakteristik auf. An der Brennkraftmaschine 1 ist an einer geeigneten Stelle ein Drehzahlsensor 7 zur Erfassung der Drehzahl der Brennkraftmaschine 1 angeordnet, dessen Signal über eine entsprechende Verbindungsleitung einer zentralen Steuerungseinrichtung 8 zugeführt wird.

Zur Steuerung und Regelung der Brennkraftmaschine 1 kann die Steuerungseinrichtung 8 über eine nur schematisch dargestellte Daten- und Steuerleitung 9 noch mit weiteren Sensoren und Aktoren verbunden sein. Die Steuerungseinrichtung 8, die u. a. die Einspritzung steuert, weist in bekannter Weise einen Mikrocomputer 10, entsprechende Schnittstellen für Signalaufbereitungsschaltungen, sowie eine Ein- und Ausgabeeinheit auf. Der Mikrocomputer 10 umfasst eine Zentraleinheit (CPU),

welche die arithmetischen und logischen Operationen mit den eingespeisten Daten durchführt. Die dazu notwendigen Programme und Solldaten liefert ein Festwertspeicher (ROM). Ein Betriebsdatenspeicher (RAM) 11 dient u. a. dazu, die von den Sensoren gelieferten Daten zu speichern, bis sie vom Mikrocomputer 10 abgerufen oder durch aktuellere Daten ersetzt, d. h. überschrieben werden. Das erfindungsgemäße Verfahren dient wesentlich dazu, die Ressourcen dieses Speichers 11 zu schonen, die durch die erforderliche, in einem Bereich dieses Speichers 11 erfolgende Zwischenspeicherung von Werten belastet werden, die mit der Korrektur der Druckabhängigkeit des Messsignals der Lambdasonde 4 im Zusammenhang stehen.

Figur 2 zeigt im oberen Teil ein periodisch zeitabhängiges Spannungssignal UM, das das ungefilterte Messsignal der Lambdasonde 4 repräsentiert. Die dünnen senkrechten Striche deuten das Raster der Aktualisierungsrate T des Ausgangssignales an, wobei im dargestellten Beispiel (Vierzylindermotor mit einflutiger Abgasanlage) alle 10 ms die Mittelung über eine drehzahlabhängige Periodendauer TP von Druckpulsationen des Abgases erfolgt. Diese Aktualisierungsrate  $T=10\text{ ms}$  ist mit dem M1-Block-Zeitraster synchronisiert, dem wiederum das hier gewählte Einzelwert-Abtast-Zeitraster von 1 ms zu Grunde liegt. Jeder M1-Block umfasst im gegebenen Beispiel also jeweils 10 Einzelwerte. Das gefilterte Ausgangssignal, das jeweils zu den Aktualisierungszeitpunkten  $t_n$  bzw.  $t_{n'}$  berechnet wird, ist durch die in Figur 1 punktförmig dargestellten Spannungswerte UA repräsentiert. Das gemittelte Lambda-Ausgangssignal weist also, wie bei ordnungsgemäß geregeltem Betriebszustand zu erwarten, eine sich über die unterschiedlichen, durch die dicken senkrechten Striche markierten, Drehzahl-Bereiche D1 bzw. D2 der Brennkraftmaschine 1 erstreckende Konstanz auf.

Da die Mittelung genau über eine Periodendauer TP der Druckpulsationen erfolgen muss, wird von der Steuerungseinrichtung 8 zunächst eine drehzahlabhängige Summationsdauer, also TP1

für D1 und TP2 für D2, bestimmt. Dieser Summationszeit entspricht, abhängig von der gewählten Abtastrate des Messsignals, hier 1 ms, eine definierte Anzahl von einzelnen Rohwerten des Messsignals. Im in Figur 2 dargestellten Beispiel ist im linken Teil der Figur ein Bereich D1 mit höherer Drehzahl (z. B. 1666 Umdrehungen/min) dargestellt, bei dem eine Summationszeit von 18 ms berechnet wird, so dass zur Mittelwertbildung jeweils über ein Segment von insgesamt  $N1=18$  Einzelwerten VLS\_lms summiert werden muss. Zu jedem Aktualisierungszeitpunkt  $t_n$ , hier beispielsweise am durch die linke dicke Linie markierten Ende des Drehzahlbereiches D1, muss jeweils über genau 18 der zurückliegenden Einzelwerte summiert werden, wie in Figur 2 durch die 18 kurzen Striche und den darüber angeordneten Pfeil, der die zeitlich zurückschauende Betrachtung bei der Mittelung symbolisiert, angedeutet. Andererseits ergibt sich für den Bereich zwischen den beiden dicken senkrechten Linien der Figur 2 auf Grund des dort repräsentierten Bereichs D2 mit geringerer Drehzahl eine relativ größere Summationszeit und, damit korrespondierend, eine dementsprechend höhere Anzahl  $N1$  von zu summierenden Einzelwerten, im hier gezeigten Beispiel ( $D2=714$  Umdrehungen)  $N1=41$ . Die zum Aktualisierungszeitpunkt  $t_n$  und unmittelbar davor,  $t_{n-1}$ , zu betrachtenden Segmente  $n'$  bzw.  $n'-1$  sind, wiederum durch Pfeile, im Drehzahlbereich D2 in Figur 2 angedeutet.

Die beispielsweise 18 im dargestellten höheren Drehzahlbereich D1 zu summierenden Einzelwerte VLS\_lms werden erfindungsgemäß nicht alle bis zur Summation im Zwischenspeicher niedergelegt. Vielmehr werden die ersten 10 zeitlich zuerst abgetasteten Einzelwerte eines Segmentes sukzessive, gegebenenfalls unter Überschreibung der Einzelwerte eines bei der unmittelbar vorhergehenden Mittelwertbildung angelegten ( $M1=10$ )-Blocks, in den Zwischenspeicher eingeschrieben und danach blockweise verarbeitet, d. h. am Ende des betreffenden ( $M1=10$ )-Block-Zeitintervalls zu einem Blockwert summiert. Dieser einzelne Blockwert, der die gefilterte, aus 10 Einzelwerten zusammengezogene Information über den Mittelwert des

Messsignals im Zeitintervall des gegebenen Blocks repräsentiert, wird bis zur nächsten Aktualisierung im Zwischenspeicher aufbewahrt, während die zwischengespeicherten 10 "alten" Einzelwerte im Ringspeichermodus sukzessive durch die 10 Einzelwerte des nächstfolgenden ( $M1=10$ )-Blocks überschrieben werden. Im in Figur 2 gewählten Beispiel kann (im Bereich D1) gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung so vorgegangen werden, dass der erste (hier: einzige, da  $N1=18=1*10+8$ , also:  $N=1$ ) Blockwert zwischengespeichert wird, dass im nächstfolgenden Block-Zeitabschnitt zunächst die, im Segment der  $N1=18$  insgesamt zur Mittelung heranzuziehenden Einzelwerte noch fehlenden, 8 Einzelwerte nacheinander in die bisher durch die alten Einzelwerte besetzten Positionen eingeschrieben werden, dass zeitrastergemäß zwei weitere Einzelwerte abgetastet und eingeschrieben werden, und dass mit Beendigung dieses "letzten" Block-Zeitabschnittes die fällige Aktualisierung des Mittelwertes in der Weise durchgeführt wird, dass der einzelne Blockwert und die einzelnen ersten 8 Einzelwerte des zuletzt angelegten ( $M1=10$ )-Blocks summiert werden. Parallel dazu werden alle 10 Einzelwerte des zuletzt angelegten ( $M1=10$ )-Blocks zu einem Blockwert summiert und zwischengespeichert, der bei der nächstfolgenden Aktualisierung herangezogen wird. Der zu einem bestimmten Aktualisierungszeitpunkt  $t_n$  festgestellte "aktuelle" Mittelwert ist also, im gegebenen Beispiel, genau genommen bereits 2 Abtast-Intervalle "alt", die gemäß der vorgegebenen Synchronisation abgewartet werden müssen.

Figur 3 bezieht sich auf eine zweite Ausführungsform der Erfindung, die in den Fällen  $N1 \neq N * M1$  alternativ zu der bei Figur 2 diskutierten Methode einsetzbar ist. Beispielhalber wird bei der folgenden Erläuterung eine einflutige Abgasanlage eines mit 1304 Umdrehungen laufenden Vierzylindermotors, eine Aktualisierung im 10 ms Raster, ein Abtast-Zeitraster von 1 ms, eine Blocklänge  $M1$  von 10 Einzelwerten und eine Summationszeit von 23 ms, also eine Segmentlänge  $N1=23$ , vorausgesetzt.

Die obere Ebene ("Einzelwertspeicher") in Figur 3 bezieht sich auf die Abtastung bzw. Zwischenspeicherung der jeweils 10 Einzelwerte eines aktuell zu verarbeitenden Blocks. Dargestellt ist lediglich der letzte der beispielhalber vier in Figur 3 betrachteten Blöcke, der, wie symbolisch angedeutet, ebenso wie die drei vor ihm verarbeiteten Blöcke, in einen ersten Teilblock B1, der 7 Einzelwerte umfasst, und einen zweiten Teilblock, der 3 Einzelwerte umfasst, aufgeteilt wurde. Diese spezielle Aufteilung kommt im betrachteten Beispiel im Hinblick darauf zustande, dass, entsprechend  $N1=23=2*10+3$ , bei der weiteren Berechnung ein Teilblock B2 mit 3 Einzelwerten benötigt wird.

Die mittlere Ebene in Figur 3 zeigt vier Paare von Teilblockwerten MW\_B1 und MW\_B2 (die in der Figur zusätzlich angefügte Endziffer bezieht sich auf die Entstehung aus einem der vier Einzelwert-Blöcke; die die Blockwerte symbolisierenden Striche sind nicht unmittelbar auf die Zeitachse der unteren Ebene zu beziehen), die nacheinander jeweils aus dem entsprechenden der vier  $M1=10$ -Einzelwert-Blöcke generiert und zwischengespeichert wurden. Beispielsweise wurden die ersten 7 Einzelwerte des ersten Blocks, nach Abtastung und Zwischenspeicherung aller 10 Einzelwerte dieses Blocks, zum Teilblockwert MW\_B1\_1 summiert und zwischengespeichert, während die letzten 3 Einzelwerte dieses Blocks zum Teilblockwert MW\_B2\_1 summiert und zwischengespeichert wurden. Die zugehörigen, nicht mehr benötigten Einzelwerte können dann durch die neuen Einzelwerte des nächsten, zweiten Blocks überschrieben werden. Die neuen Einzelwerte werden anschließend, in analoger Weise wie beim ersten Block, zu Teilblockwerten MW\_B1\_2 und MW\_B2\_2 verarbeitet.

Zur Mittelwertberechnung, deren Ergebnis symbolisch von der unteren Ebene ("Messwertausgabe") in Figur 3 repräsentiert ist, werden lediglich die gemäß der mittleren Ebene zwischengespeicherten Teilblockwerte benötigt. Wie schematisch für

zwei Aktualisierungszeitpunkte durch Linien zwischen der mittleren und der unteren Ebene angedeutet, wird beispielsweise der nach 30 ms fällige, aktuelle Mittelwert dadurch berechnet, dass die beiden aus dem unmittelbar vor dem Aktualisierungszeitpunkt liegenden dritten Block entstandenen Teilblockwerte, die beiden aus dem zweiten Teilblock entstandenen Teilblockwerte sowie der aus dem ersten Block entstandene Teilblockwert MW\_B2\_1 summiert (und durch N1 dividiert) werden. Auf diese Weise kann am jeweiligen Aktualisierungszeitpunkt sofort auf die benötigte exakte Anzahl N1, hier N1=23, der unmittelbar vor dem Aktualisierungszeitpunkt liegenden Einzelwerte zurückgeblickt werden.

Es ist vorteilhaft, wenn mindestens bei einem der verarbeiteten M1-Blöcke auch eine der beiden Teilblocklängen bis zur aktuellen Mittelwertbildung zwischengespeichert wird.

Wie beschrieben, kann durch die blockweise Vorverarbeitung der Einzelwerte des Messsignals der Lambdasonde der Ressourcen- und Rechenzeitbedarf der zur Signalaufbereitung nötigen Rechnung deutlich gesenkt werden, wobei der Haupteffekt in der Einsparung von Speicherplatzressourcen liegt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass eine Rechnung im 1 ms Zeitraster und die Bereitstellung von beispielsweise (rund) 140 Speicherplätzen für ein Zweibanksystem große Anforderungen an die Gesamtressourcen einer Motorsteuerung stellt. Der erfindungsgemäße Vorteil kommt deshalb bei Mehrbanksystemen stärker zum Tragen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Gewinnen eines bereinigten Ausgangssignales aus dem eine periodische Druckabhängigkeit aufweisenden Messsignal einer im Abgas einer Brennkraftmaschine (1) angeordneten Lambdasonde (4), bei dem das Messsignal in einem Zeitraster abgetastet und durch Aufsummation über eine vorgegebene Summationszeit gemittelt wird, wobei die Summationszeit der drehzahlabhängigen Periodendauer (TP1, TP2) von Druckpulsationen des Abgases entspricht,

dadurch gekennzeichnet,

- dass die fortlaufend abgetasteten Einzelwerte des Messsignals in einem Speicherbereich eines Speichers (11) einer Steuerungseinrichtung (8) für die Brennkraftmaschine (1) zwischengespeichert werden, und
- dass zu jedem Zeitpunkt ( $t_n$ ), zu dem ein aktualisiertes Sonden-Ausgangssignal benötigt wird, von der Steuerungseinrichtung (8) eine Mittelwertbildung eingeleitet wird, in die eine der Summationszeit entsprechende Anzahl N1 von im Zeitraster abgetasteten Einzelwerten einbezogen wird,
- wobei die Summation über die N1 Einzelwerte blockweise erfolgt und bereits vor dem Aktualisierungszeitpunkt ( $t_n$ ) beginnt, so dass zur Berechnung eines Mittelwertes die zum Aktualisierungszeitpunkt ( $t_n$ ) bereits fortlaufend blockweise gebildeten und anstelle der jeweiligen Einzelwerte zwischengespeicherten Blockwerte herangezogen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass die blockweise Summation über jeweils M1 nacheinander abgetastete und zwischengespeicherte Einzelwerte (M1-Block) und in einem Block-Zeitraster erfolgt, das dem M1-fachen des Abtast-Zeitrasters (Abtastrate) entspricht, und dass die Aktualisierungszeitpunkte ( $t_n$ ) mit dem M1-Block-Zeitraster synchronisiert werden.



3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass in Fällen, in denen die Anzahl  $N_1$  nicht einem Vielfachen  $N$  von  $M_1$  entspricht, die über ein höchstes Vielfaches  $N \cdot M_1$  hinausgehenden ersten  $N_1 - N \cdot M_1$  Einzelwerte des zuletzt abgetasteten  $M_1$ -Blocks bei einer aktuellen Mittelwertbildung einzeln einbezogen werden, während die restlichen Einzelwerte dieses  $M_1$ -Blocks dabei unberücksichtigt bleiben und erst in Form eines für diesen gesamten  $M_1$ -Block zu bildenden und zwischenzuspeichernden Blockwertes in die auf die aktuelle folgende Mittelwertbildung einbezogen werden.

4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,

- dass in Fällen, in denen die Anzahl  $N_1$  nicht einem Vielfachen  $N$  von  $M_1$  entspricht, jeder  $M_1$ -Block in zwei Teilblöcke  $B_1$  und  $B_2$  aufgespalten wird,
- wobei der Teilblock  $B_2$  die über ein höchstes Vielfaches  $N \cdot M_1$  hinausgehenden letzten  $N_1 - N \cdot M_1$  Einzelwerte des jeweiligen  $M_1$ -Blocks und der Teilblock  $B_1$  die restlichen ersten  $M_1 - (N_1 - N \cdot M_1)$  Einzelwerte des  $M_1$ -Blocks umfasst,
- dass im Block-Zeitraster eine blockweise Summation der jeweiligen beiden Teilblöcke  $B_1$  und  $B_2$  zu Teilblockwerten  $MW_{B_1}$  und  $MW_{B_2}$  erfolgt, die anstelle der jeweiligen Einzelwerte zwischengespeichert werden,
- und dass bei einer aktuellen Mittelwertbildung jeweils die beiden Teilblockwerte der  $N$  zuletzt verarbeiteten  $M_1$ -Blöcke und der Teilblockwert  $MW_{B_2}$  des unmittelbar vor den  $N$  letzten  $M_1$ -Blöcken verarbeiteten  $M_1$ -Blocks herangezogen werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens bei einem der verarbeiteten  $M_1$ -Blöcke auch eine der beiden Teilblocklängen bis zur aktuellen Mittelwertbildung zwischengespeichert wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

dadurch gekennzeichnet, dass der Speicherbereich im Ringspeichermodus betrieben wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Messsignal einer stromaufwärts eines Katalysators (5) der Brennkraftmaschine (1) angeordneten, eine stetige Charakteristik des Messsignals aufweisenden Lambdasonde (4) ausgewertet wird.

FIG 1

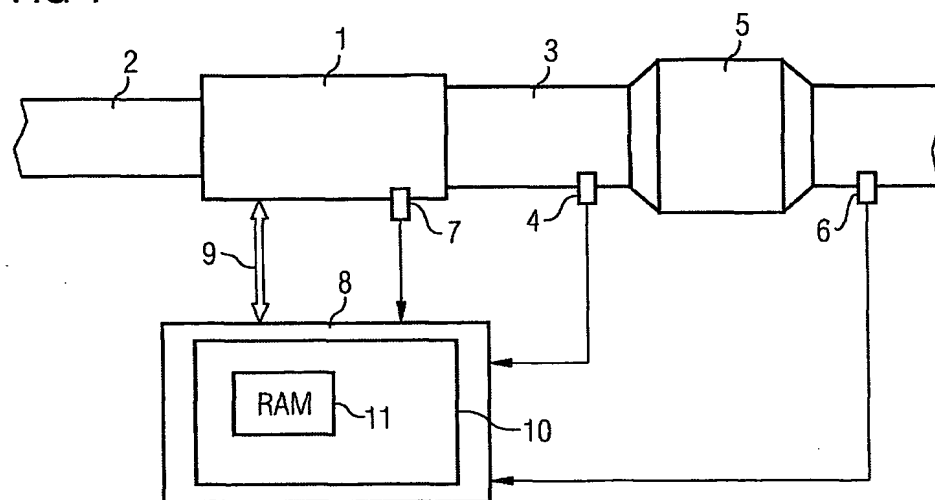
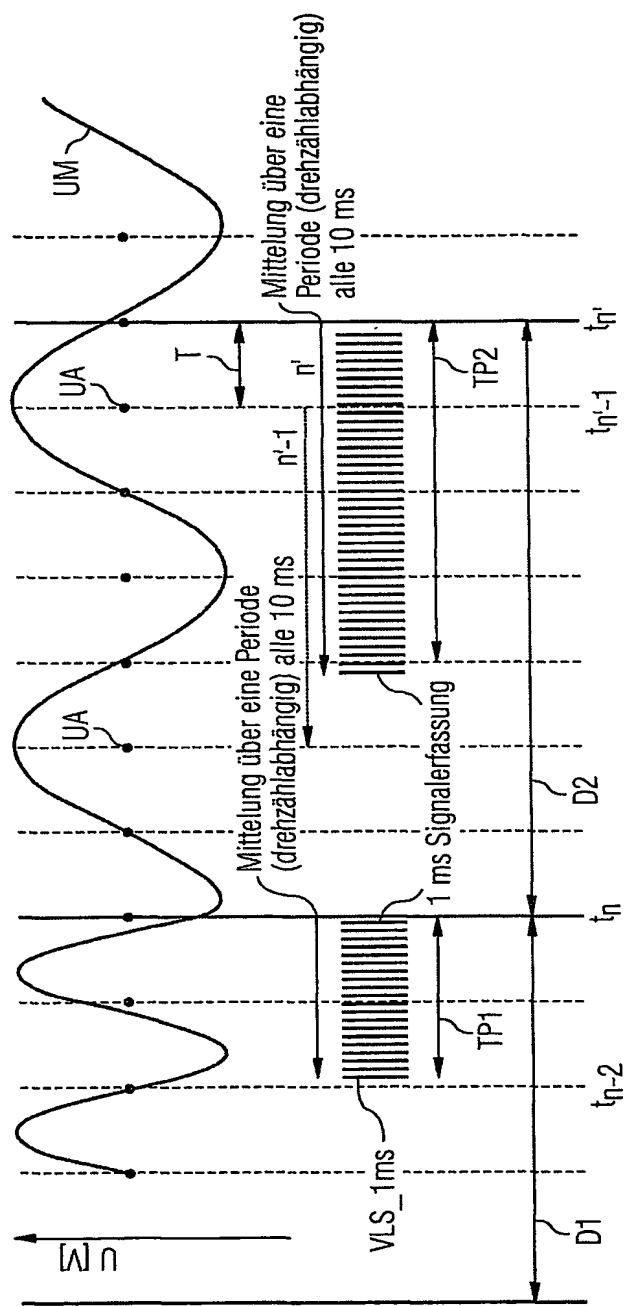
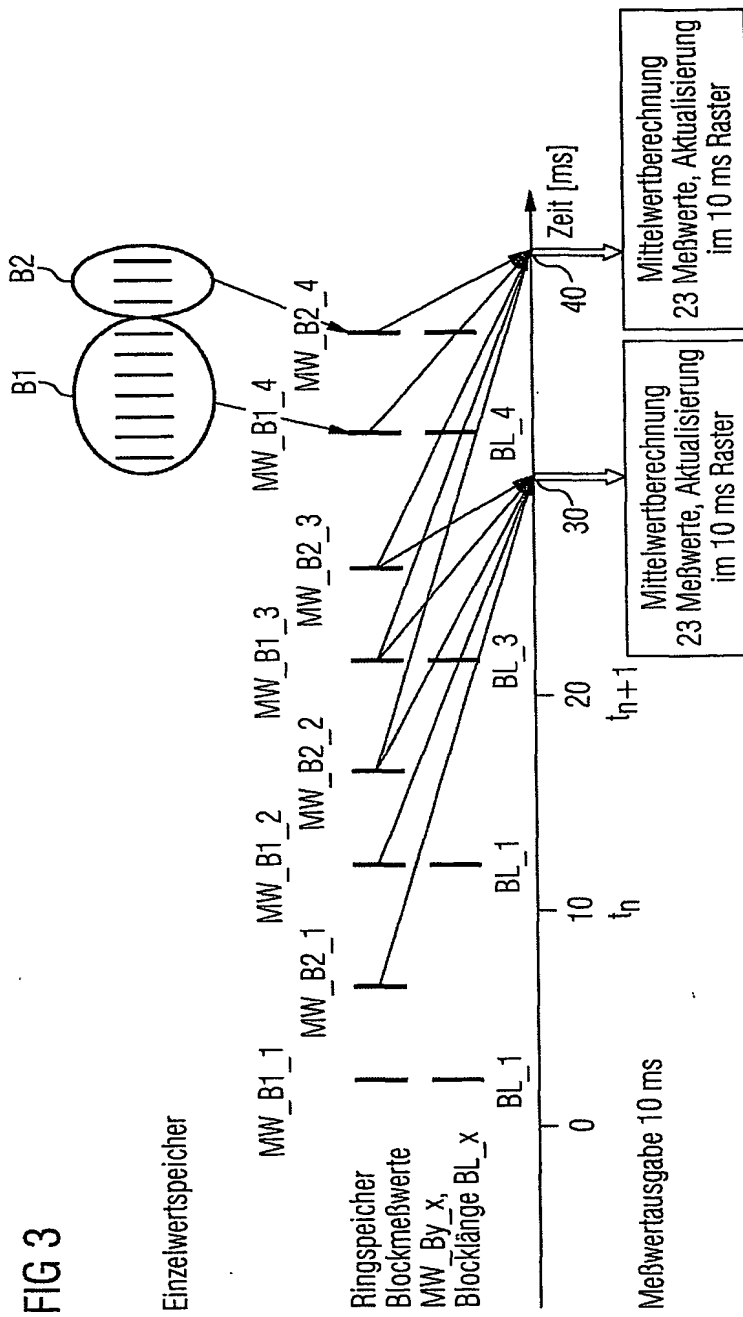


FIG 2





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/004/050583

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 F02D41/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 37 43 315 A (BOSCH GMBH ROBERT) 29 June 1989 (1989-06-29) cited in the application figure 3 column 1, line 3 - line 32 column 1, line 58 - column 2, line 14 column 3, line 17 - line 55	1
A	US 2003/084659 A1 (MAUS WOLFGANG ET AL) 8 May 2003 (2003-05-08) figures paragraphs '0033!', '0047!', '0049!	1
A	EP 0 899 441 A (HONDA MOTOR CO LTD) 3 March 1999 (1999-03-03) paragraph '0037! figures 1,9-11	1,2,6,7

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 August 2004

Date of mailing of the international search report

10/08/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lapeyronnie, P

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/04/050583

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3743315	A	29-06-1989	DE 3743315 A1	29-06-1989
			FR 2624965 A1	23-06-1989
			JP 1206251 A	18-08-1989
			JP 2636025 B2	30-07-1997
			US 4878381 A	07-11-1989
US 2003084659	A1	08-05-2003	DE 10027410 A1	13-12-2001
			AU 7749101 A	11-12-2001
			DE 50101793 D1	29-04-2004
			WO 0192697 A1	06-12-2001
			EP 1311747 A1	21-05-2003
			JP 2003535256 T	25-11-2003
EP 0899441	A	03-03-1999	JP 3340058 B2	28-10-2002
			JP 11082118 A	26-03-1999
			EP 0899441 A2	03-03-1999
			US 6021767 A	08-02-2000

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/04/050583

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 F02D41/14

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 F02D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 37 43 315 A (BOSCH GMBH ROBERT) 29. Juni 1989 (1989-06-29) in der Anmeldung erwähnt Abbildung 3 Spalte 1, Zeile 3 - Zeile 32 Spalte 1, Zeile 58 - Spalte 2, Zeile 14 Spalte 3, Zeile 17 - Zeile 55	1
A	US 2003/084659 A1 (MAUS WOLFGANG ET AL) 8. Mai 2003 (2003-05-08) Abbildungen Absätze '0033!, '0047!, '0049!	1
A	EP 0 899 441 A (HONDA MOTOR CO LTD) 3. März 1999 (1999-03-03) Absatz '0037! Abbildungen 1,9-11	1,2,6,7

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*G\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

3. August 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

10/08/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Lapeyronnie, P



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/04/050583

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 3743315	A	29-06-1989	DE	3743315 A1	29-06-1989
			FR	2624965 A1	23-06-1989
			JP	1206251 A	18-08-1989
			JP	2636025 B2	30-07-1997
			US	4878381 A	07-11-1989
US 2003084659	A1	08-05-2003	DE	10027410 A1	13-12-2001
			AU	7749101 A	11-12-2001
			DE	50101793 D1	29-04-2004
			WO	0192697 A1	06-12-2001
			EP	1311747 A1	21-05-2003
			JP	2003535256 T	25-11-2003
EP 0899441	A	03-03-1999	JP	3340058 B2	28-10-2002
			JP	11082118 A	26-03-1999
			EP	0899441 A2	03-03-1999
			US	6021767 A	08-02-2000

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**